

Қарағанды техникалық университеті

*Дәріс барлық мамандыққа
арналған*

Дәріс тақырыбы: КИНЕМАТИКА



Физика кафедрасының аға оқытушысы,
физика магистрі: Копбалина Қ.Б.

Механика

- **Механика** – денелердің механикалық қозғалысын зерттейді.
- *Механикалық қозғалыс* деп дененің басқа денелерге және уақыттың өзгеруіне байланысты орнын ауыстыруын айтады.
- Механиканың негізгі мақсаты: кез келген уақыт сәтіндегі дененің жылдамдығы мен координаталарын анықтау болып табылады.



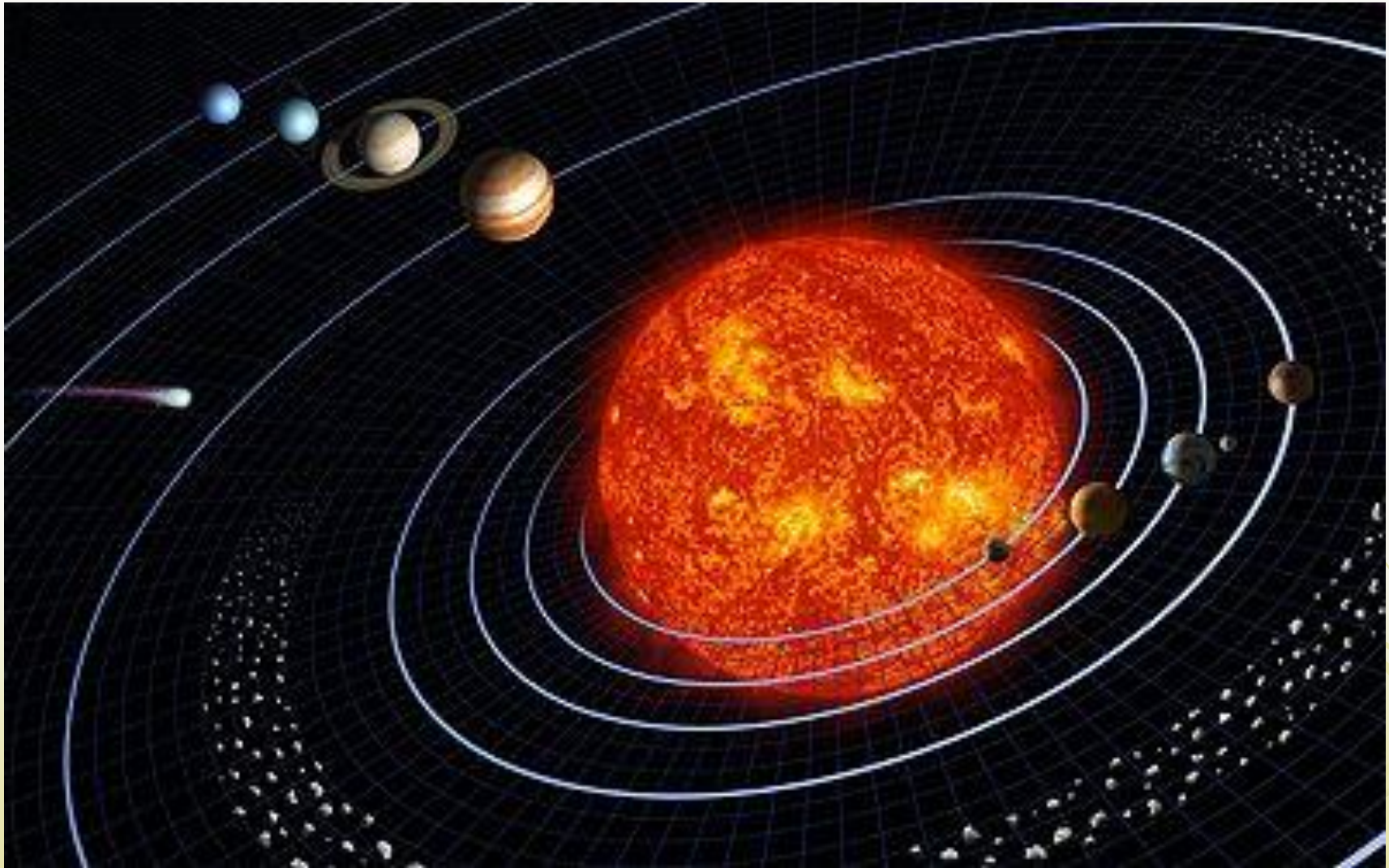
Механика

- **Кинематика** — дене қозғалысының пайда болу себептерін қарастырмайтын және қозғалыстың орын ауыстыруының тек геометриялық қасиеттерін сипаттайтын механиканың бөлімі.
- **Динамика** — денелердің өзара әрекеттесу заңдарын, яғни, дене қозғалысының пайда болу себептері мен салдарын қарастыратын механиканың бөлімі.
- **Статика** — денелердің тепе-теңдік күйлерін қарастыратын механиканың бөлімі.

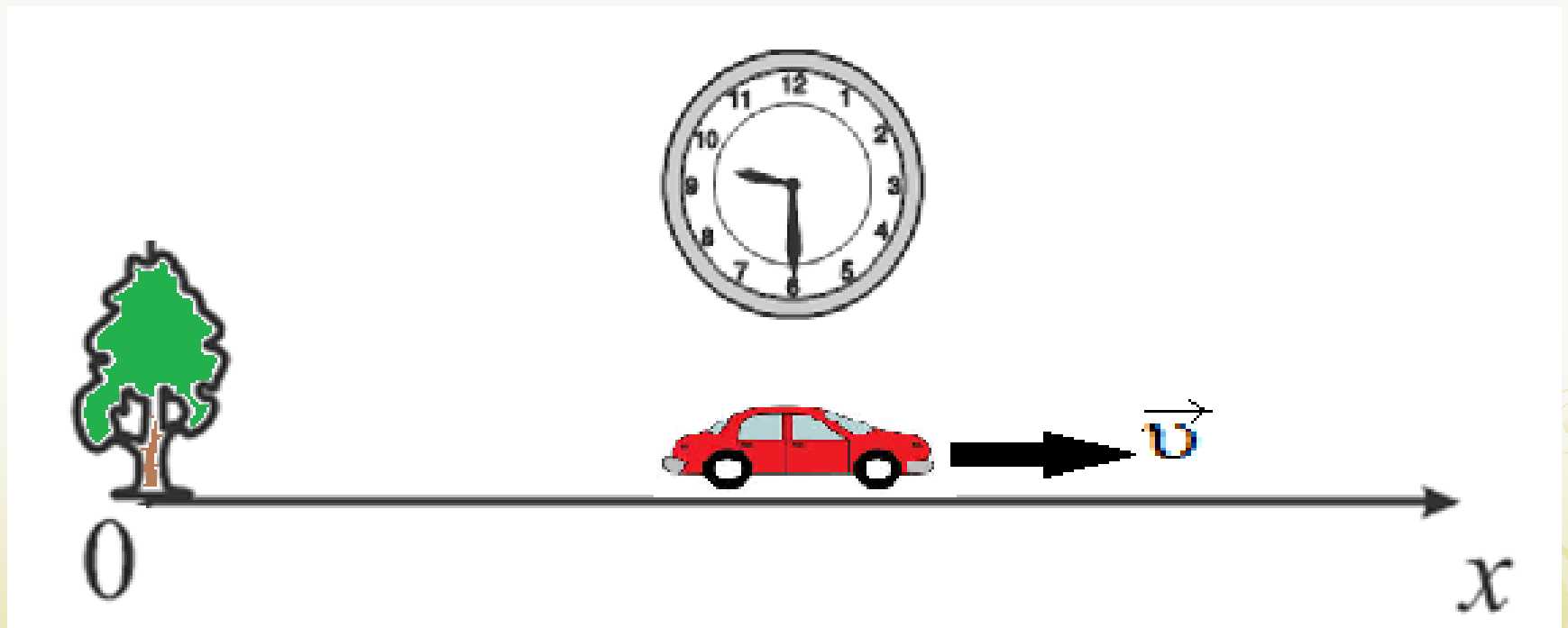
Дәріс жоспары

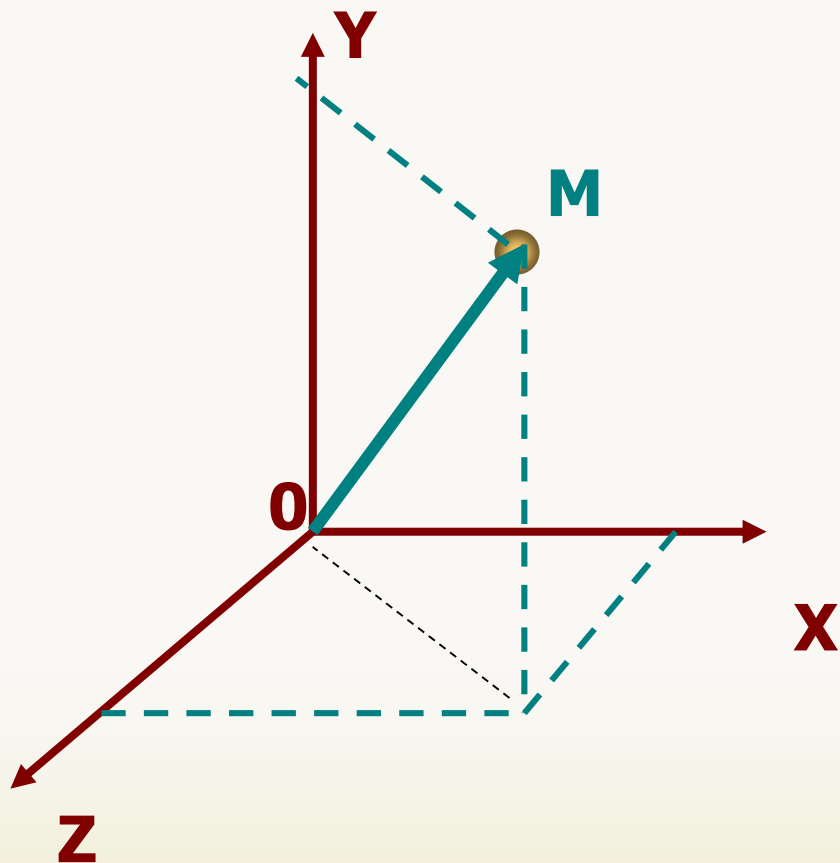
- Материялық нүкте, санақ жүйесі, орын ауыстыру, жол ұзындығы
- Жылдамдық, орташа және лездік жылдамдық
- Үдеу, орташа үдеу, лездік үдеу
- Түзу сызықты бірқалыпты және бірқалыпты айнымалы қозғалыстар
- Қисық сызықты қозғалыс және оның үдеулері
- Айналмалы қозғалыстың бұрыштық жылдамдығы және бұрыштық үдеуі
- Дененің еркін түсу
- Еркін түсу үдеуі

Материалық нүкте деп өлшемдері (қалыңдығы, диаметрі, ені) қоршаған сыртқы ортаның өлшемдерімен салыстырғанда елемеуге болатын массасы бар денені айтады.



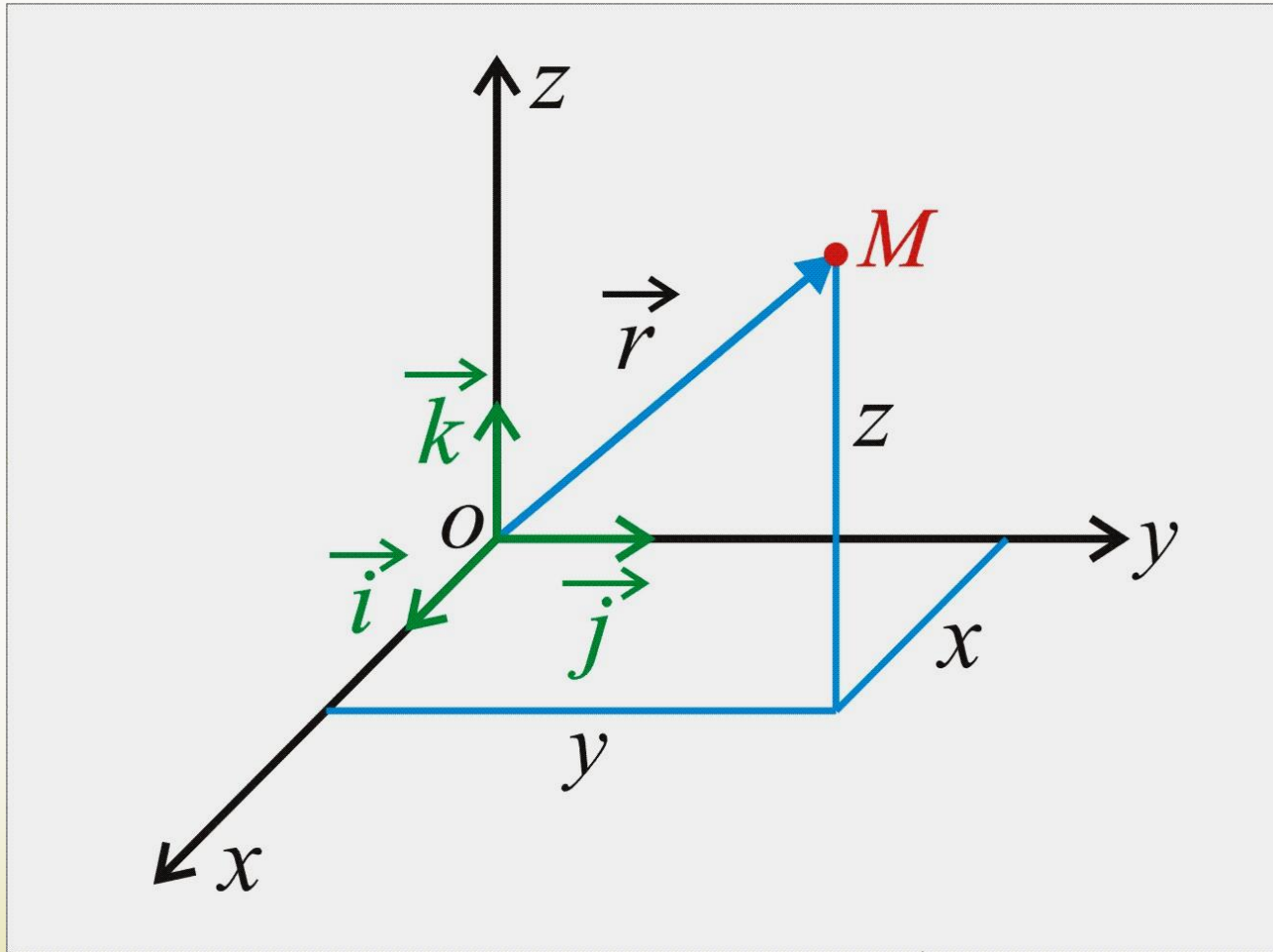
Қозғалған дененің кеңістіктегі орнын анықтау үшін салыстырып пайдаланылатын қозғалмайтын денені **санақ денесі** деп атайды.





Санақ жүйесі,
санақ бас
нүктесі O және
осы санақ
нүктесімен
байланысқан
координаталар
жүйесінен
құралады

Радиус-вектор $\vec{a}$ деп – координаталар басы O нүктесінен берілген нүктеге M дейін жүргізілген векторды айтады.



$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$$

Материялдық нүктенің кинематикалық қозғалысының теңдеуі

$$\begin{cases} x = x(t), \\ y = y(t), \\ z = z(t) \end{cases}$$

немесе бұл үшеуін $\vec{r} = \vec{r}(t)$

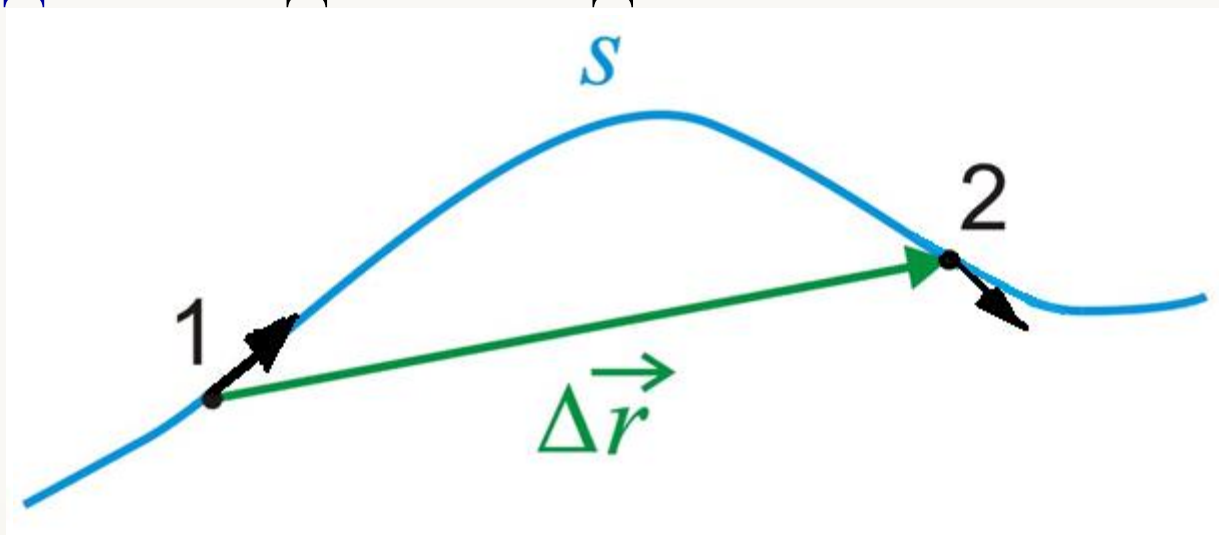
векторлық теңдеумен алмастырады

Жол және орынауыстыру

- Материялық нүктенің кеңістіктегі жүріп өткен сызығы **траектория** немесе **жүрген жол ұзындығы** деп аталады.
- Траектория түзу сызықты және қисық сызықты болады.



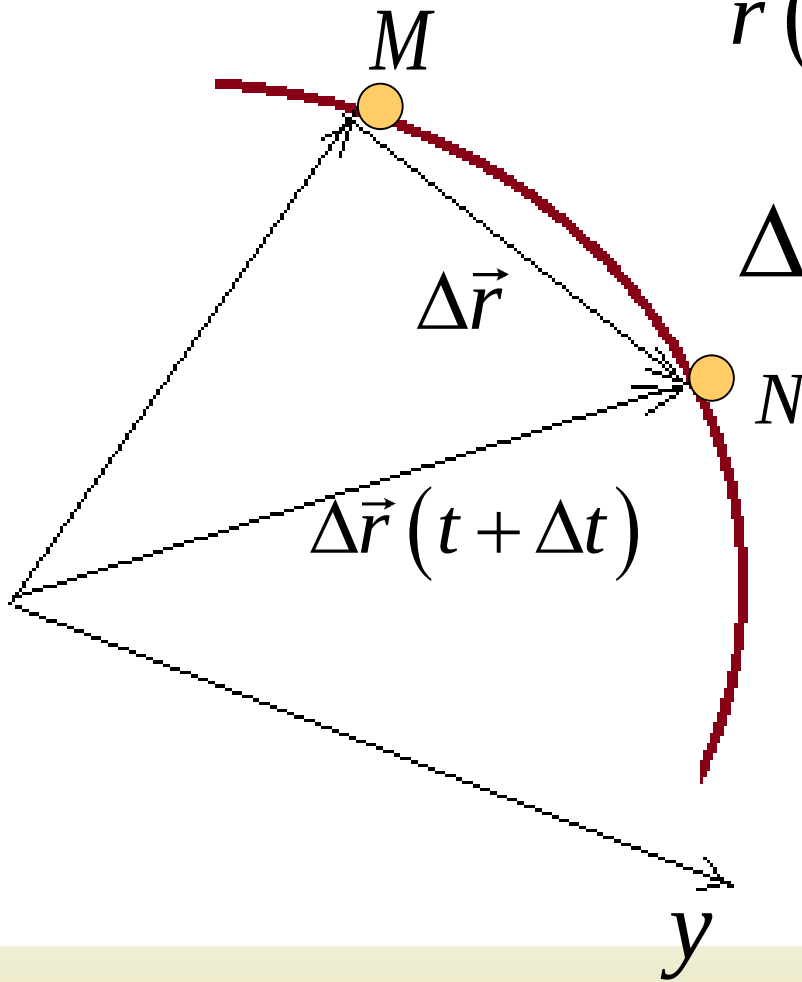
Қозғалыс траекториясының бойымен дененің 1 нүктеден 2 нүктеге дейін жүріп өткен арақашықтығын **жол** немесе **жол ұзындығы S** деп атайды.



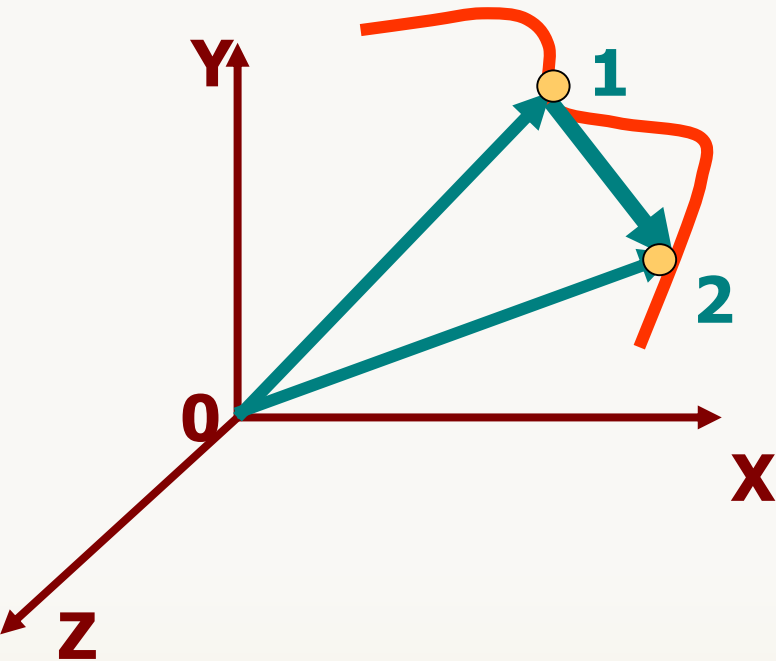
Нүктенің бастапқы және соңғы орнын қосатын вектор **орын ауыстыру $\Delta \vec{r}$** деп аталады, ол қозғалыстың бастапқы нүктесінен соңғы нүктесіне қарай бағытталады.

$$\vec{r}(t) + \Delta\vec{r}(\Delta t) = \vec{r}(t + \Delta t)$$

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}(t + \Delta t) - \vec{r}(t)$$



Мысалы



$$\vec{r}_1 = 5t \cdot \vec{i} + 4t \cdot \vec{j} + 7 \cdot \vec{k}$$

$$\vec{r}_2 = 7t \cdot \vec{i} + 2t \cdot \vec{j} + 7 \cdot \vec{k}$$

Орын ауыстыру неге тең?

$$\Delta \vec{r} = 2t \cdot \vec{i} - 2t \cdot \vec{j}$$

$$t = 1c$$

$$|\Delta \vec{r}| = \sqrt{2^2 + 2^2} = 2\sqrt{2}$$

Жылдамдық

Жылдамдық - дененің орын ауыстыру шапшаңдығы. Ол бірлік уақыт ішіндегі жүрілген жолдың ұзындығын анықтайды.

$$v = \frac{S}{t}. \quad [v] = m / c$$



Орташа жылдамдық $v_{opt} = \frac{S_{\bar{t}}}{t_{\bar{t}}}; v_{opt} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{S_1 + S_2 + \dots}{t_1 + t_2 + \dots}$

Егер дене жолдың бірінші жартысын v_1 , ал қалған жартысын v_2 жылдамдықпен жүрсе, онда:

$$v_{opt} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2}.$$

Егер дене уақыттың бірінші жартысын v_1 , ал қалған жартысын v_2 жылдамдықпен жүрсе, онда:

$$v_{opt} = \frac{v_1 + v_2}{2}.$$

Лездік жылдамдықтың модулі

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} = s'$$

Уақыттың кез келген мезетіндегі қозғалыс *жылдамдығы* немесе *лездік жылдамдығы* деп, жүрілген жолдың уақыт бойынша алынған бірінші ретті туындысын айтамыз.

$$\vec{v}_{\text{лез}} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{r}'$$

Уақыт бірлігіндегі жылдамдықтың өзгерісінің шамасын **үдеу** деп атайды.

Орташа үдеу $\vec{a}_{opt} = \frac{\vec{v}_6}{t_6}; \vec{a}_{opt} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}.$

Лездік үдеу жылдамдықтың уақыт бойынша бірінші туындысына тең.

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}.$$

немесе жолдың екінші ретті туындысына тең:

$$\vec{a} = \vec{v}' = \vec{r}''.$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}.$$

**Түзу сызықты
бірқалыпты
және
бірқалыпты айнымалы
қозғалыстар**

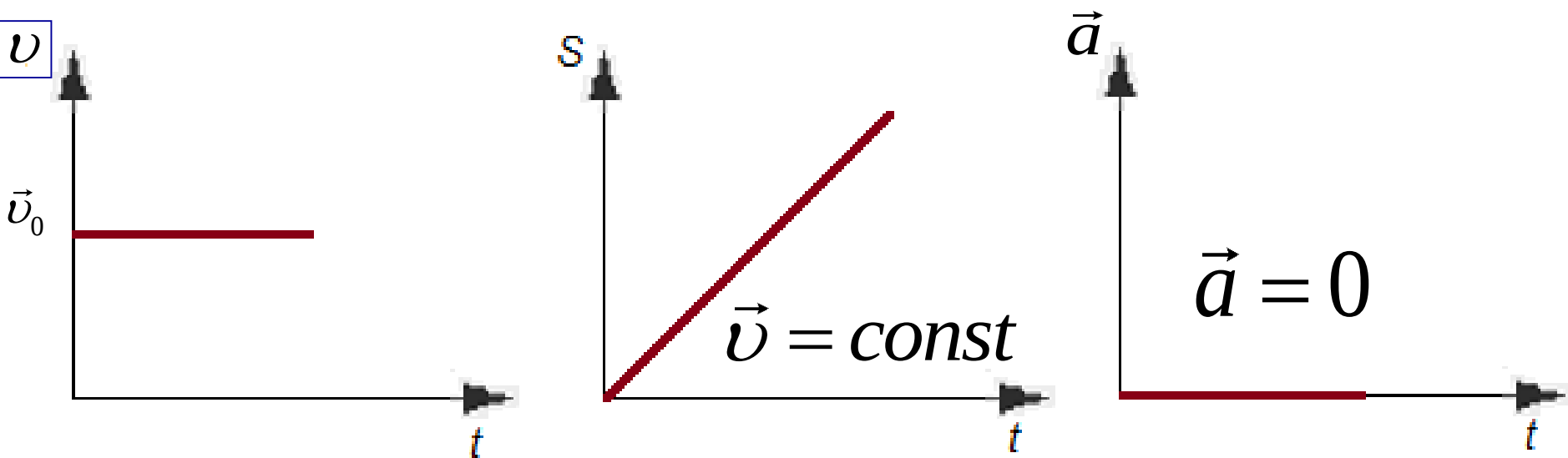


Материялық нүктенің **бірқалыпты түзу сызықты қозғалысы** деп бірлік уақыт өткен сайын оның жылдамдығы өзгермейтін қозғалысты айтамыз.

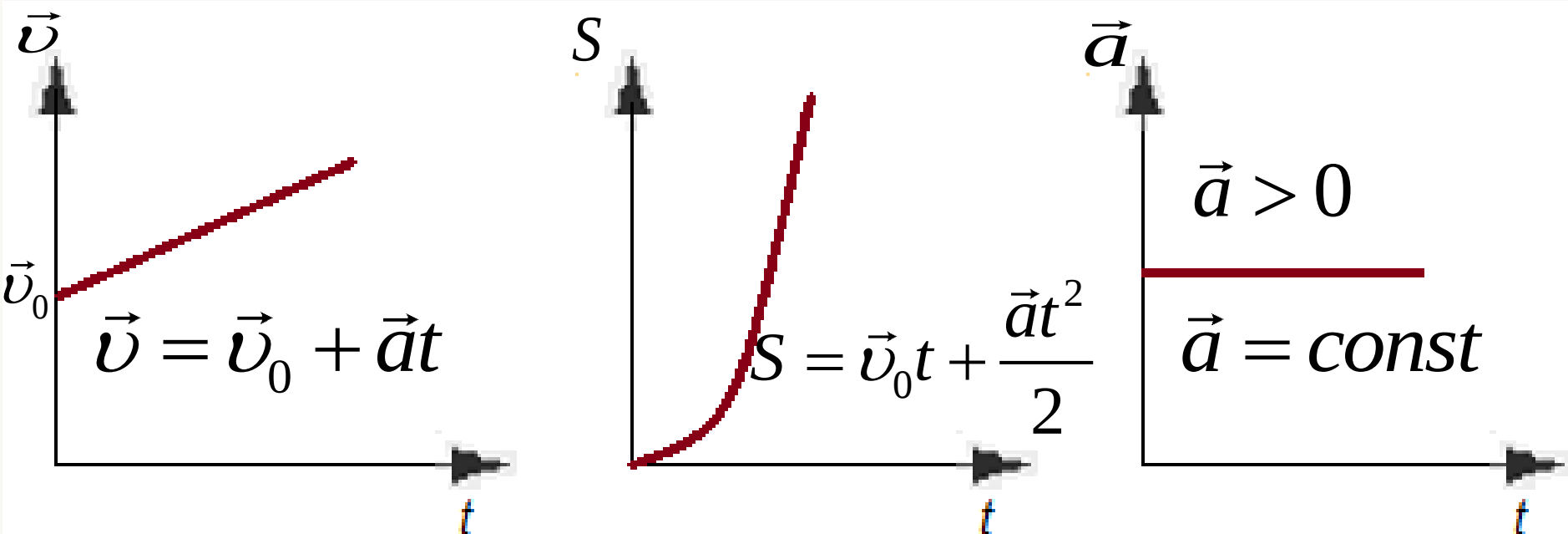
$$v = \frac{s}{t} = const, \quad \Delta s = v \cdot \Delta t$$

Материялық нүктенің **бірқалыпты айнымалы қозғалысы** деп бірлік уақыт өткен сайын оның жылдамдығы бірдей шамаға өсетін немесе кемитін қозғалысты айтады.

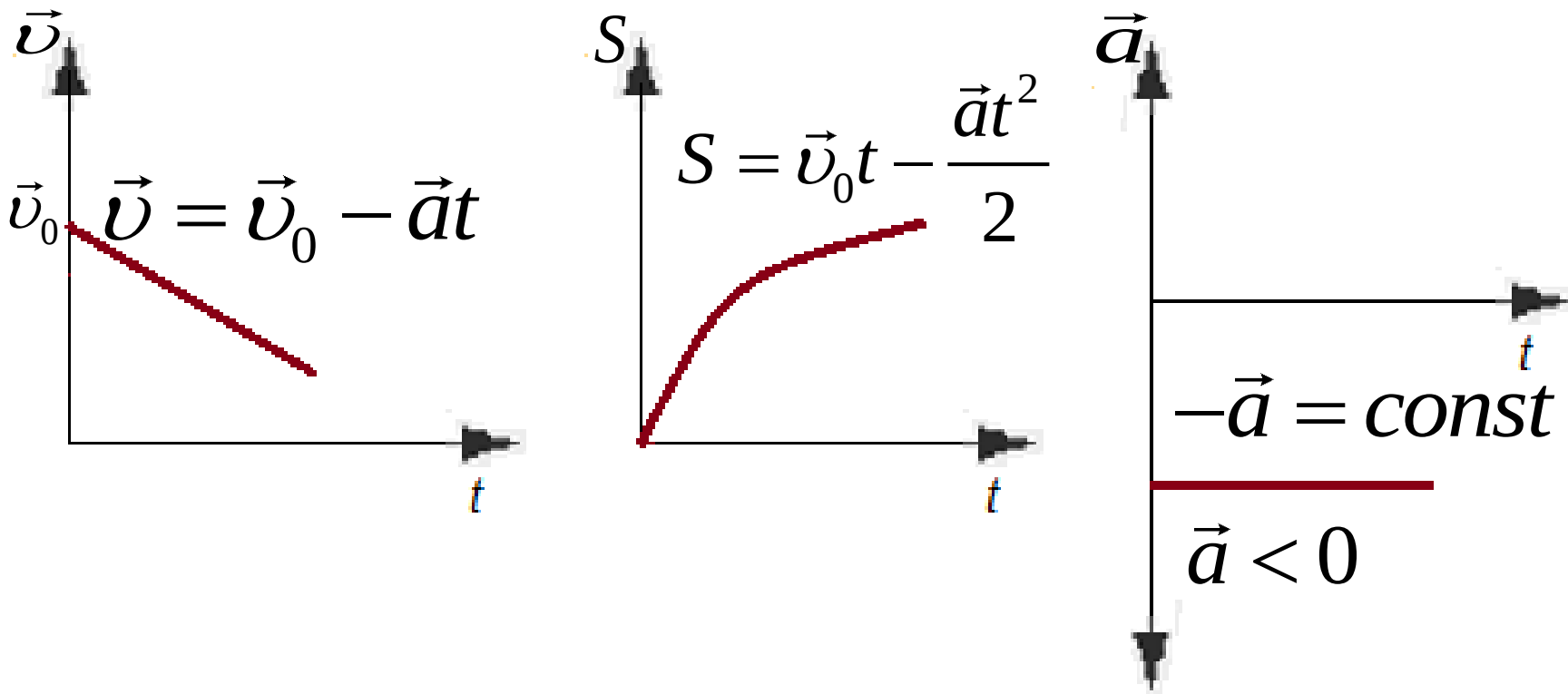
Бірқалыпты түзу сызықты қозғалыс



Түзу сызықты үдемелі қозғалыс



Түзу сызықты кемімелі қозғалыс

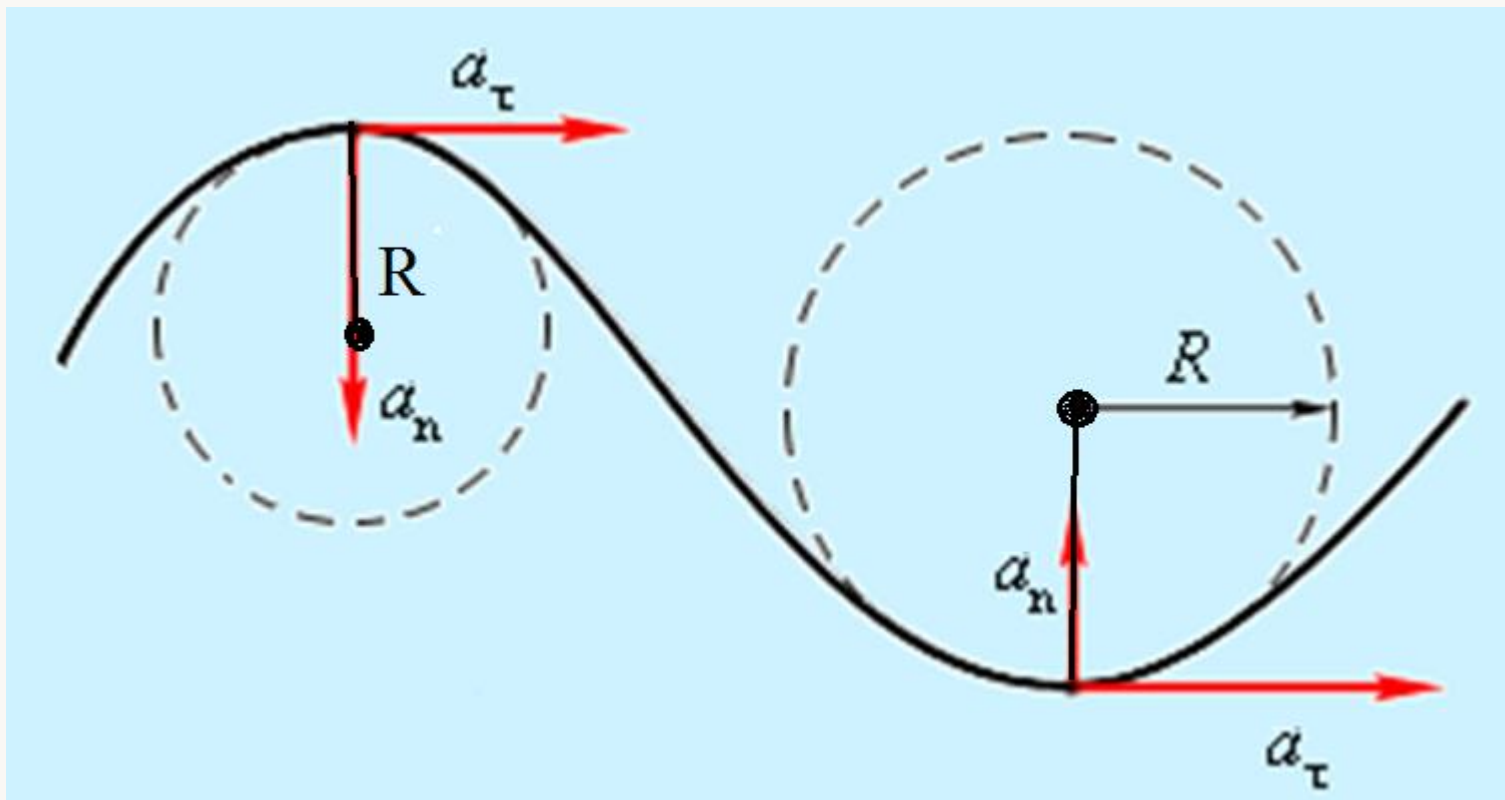


Қисық сызықты қозғалыс және оның үдеулері

Қисық сызықты қозғалыс деп жылдамдығының бағыты уақыт өткен сайын өзгеріп отыратын қозғалысты айтады.

Бұл қозғалыстың жылдамдығы тұрақты немес айнымалы болуы мүмкін.

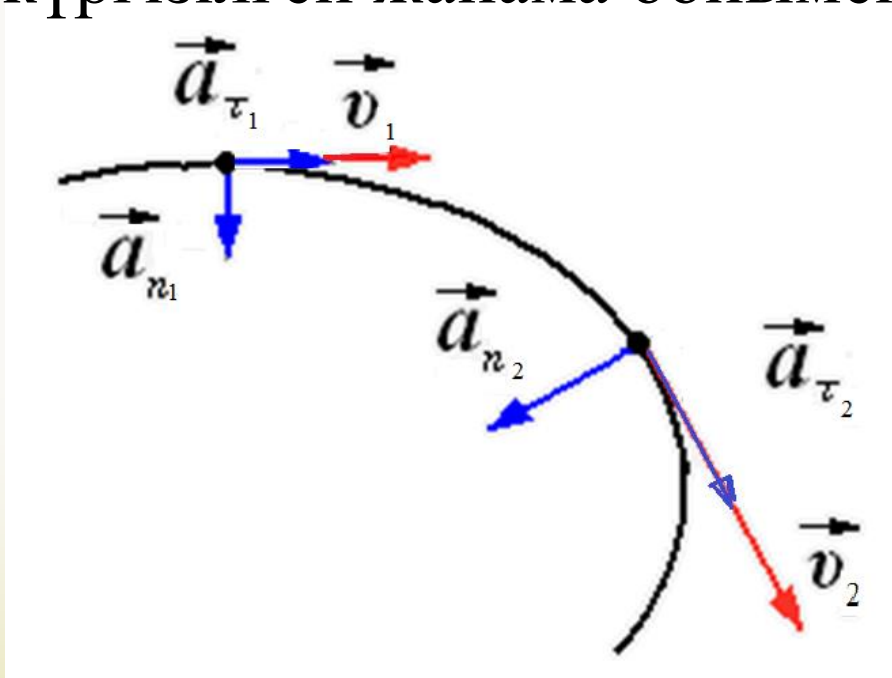




Қисық сызықтың берілген нүктедегі қисықтық радиусы R деп сол нүкте орналасқан доғаға сәйкес келетін шеңбердің радиусын айтамыз.

Үдеудің құраушылары

Қисық сызықты қозғалыс кезінде жылдамдық векторы берілген әрбір уақыт мезетінде дене траекториясына қозғалыстың бағыты бойынша жүргізілген жанама бойымен бағытталады.



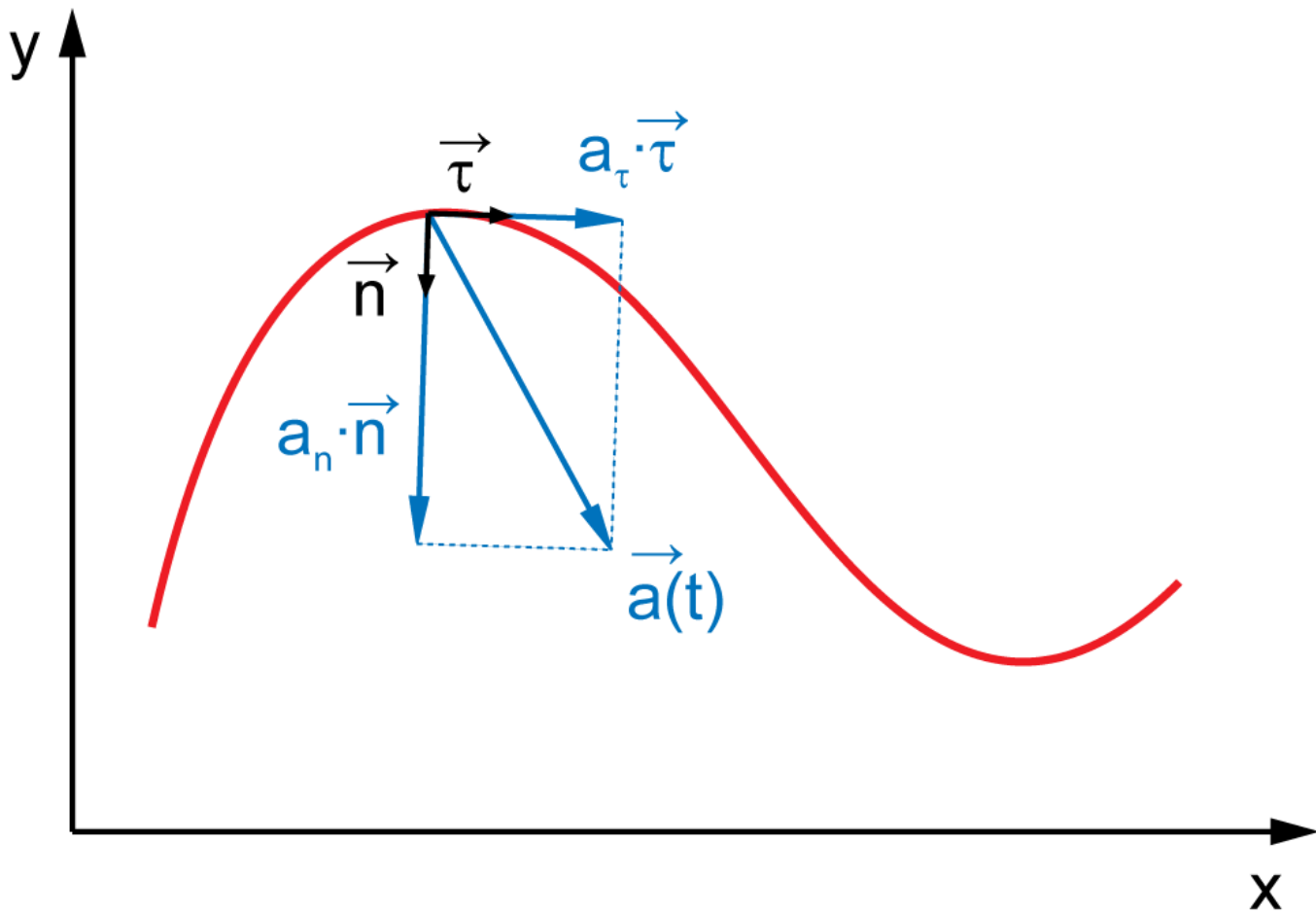
$$\vec{a} = \vec{a}_{\tau} + \vec{a}_n$$

Тангенстік үдеу a_τ жылдамдықтың модулінің және бағытының өзгеру шапшаңдығын сипаттайды, әрі траектория жанамасының бойымен бағытталады:

$$a_\tau = \frac{d\vec{v}}{dt}; a_\tau = v'.$$

Нормаль үдеу a_n жылдамдықтың бағыты бойынша өзгерісін сипаттайды, жылдамдық векторына перпендикуляр, әрі траекторияның қисықтық центріне бағытталған:

$$a_n = \frac{v^2}{R}$$



Қисықсызықты қозғалыста **толық үдеу**
тангенциальдық және нормальдық
үдеулерге жіктеледі.

Нормаль үдеу $\vec{a}_n$ мен тангенстік үдеу $\vec{a}_\tau$ өзара перпендикуляр болады. Сондықтан толық үдеу осы екеуінің векторлық қосындысына тең.

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$$



Толық үдеу модулі

$$\vec{a} = \sqrt{\vec{a}_\tau^2 + \vec{a}_n^2}.$$

Кез келген бірдей уақыт аралығында қозғалыс жылдамдығы сәйкес бірдей шамаға өзгеріп отыратын қозғалысты **бір қалыпты айнымалы қозғалыс** деп атайды.

$$a_\tau = \text{const} \neq 0$$

Түзу сызықты қозғалыс

$$a_{\tau} = 0 \qquad a_n = 0$$

Бір қалыпты үдемелі қозғалыс

$$a_{\tau} = \textit{const} > 0$$

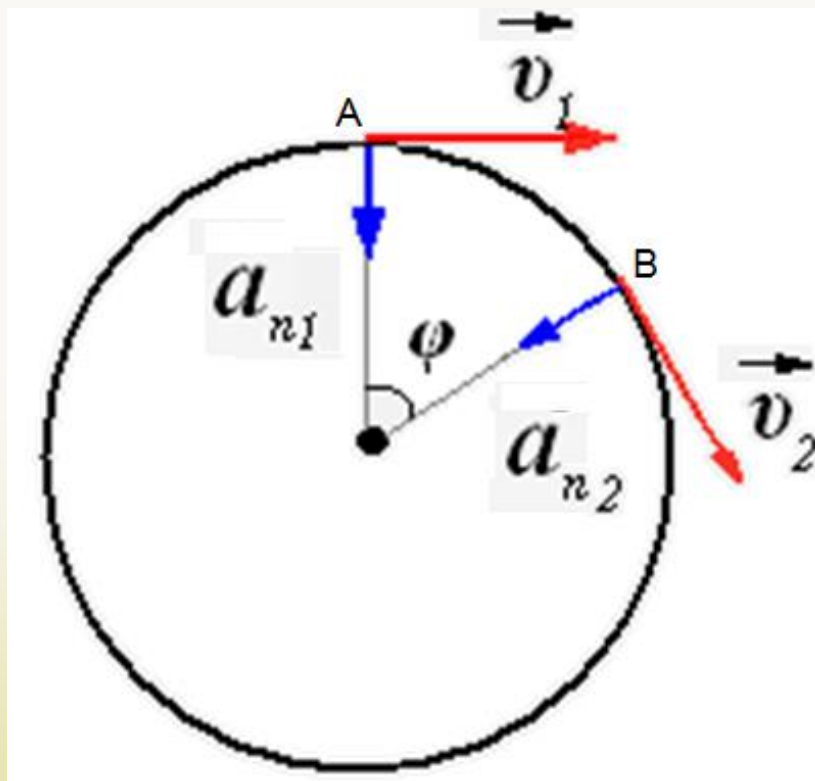
Бір қалыпты кемімелі қозғалыс

$$a_{\tau} = \textit{const} < 0$$

Бір қалыпты шеңбер бойымен

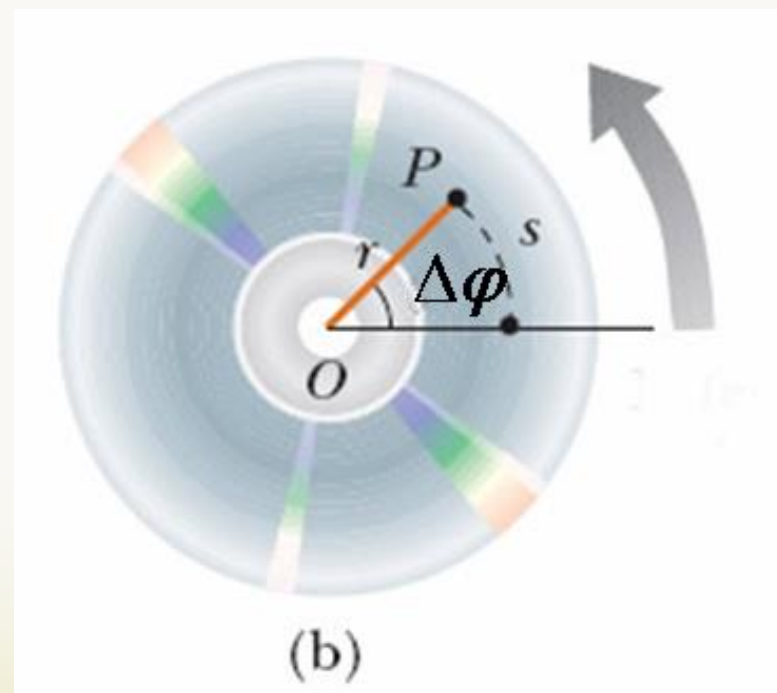
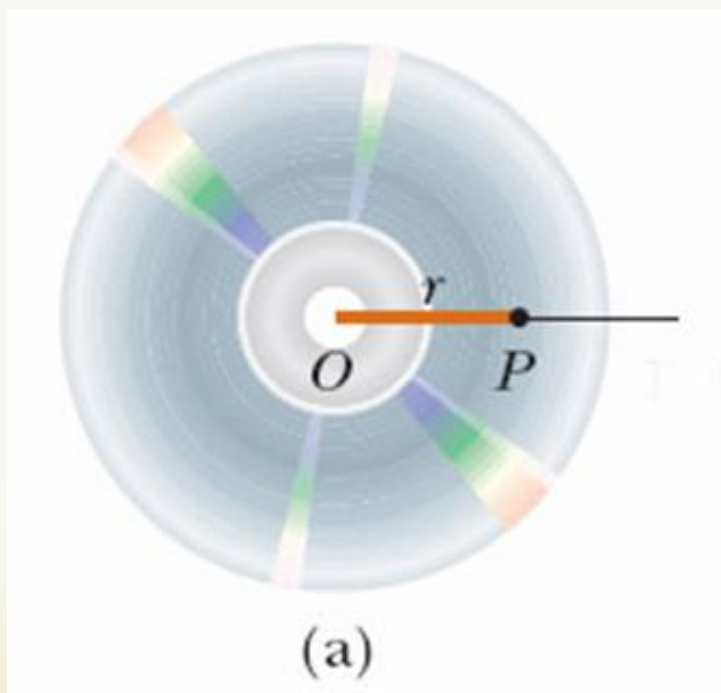
$$a_{\tau} \neq 0 \qquad a_n \neq \textit{const}$$

Айналмалы қозғалыс деп абсолютті қатты дененің барлық нүктелерінің шеңбер бойымен бір қалыпты қозғалысын айтады.



Бұрыштық жылдамдық

Бұрыштық жылдамдық — қатты
дененің айналу шапшаңдығын
сипаттайтын векторлық шама.



Период – дененің бір айналымға жұмсаған уақыты. $[T] = c$.

Жиілік – бірлік уақытта жасалған айналым саны. $[\nu] = \Gamma\zeta$.

$$n = \frac{1}{T}; \quad \omega = 2\pi n; \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu; \quad [\omega] = \text{rad} / c.$$

Орташа бұрыштық жылдамдық $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t};$

$\Delta\varphi$ - бұрылу брышы, Δt - уақыт.

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}; \quad \Delta\varphi = \frac{\Delta S}{r}; \quad v = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} r; \quad v = \omega r.$$

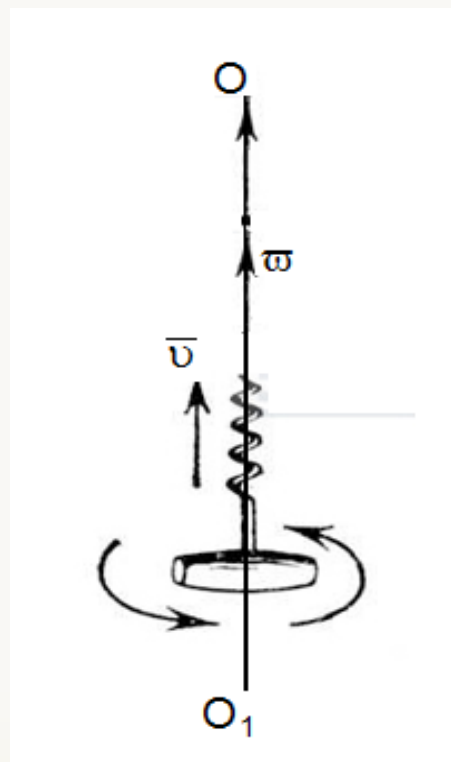
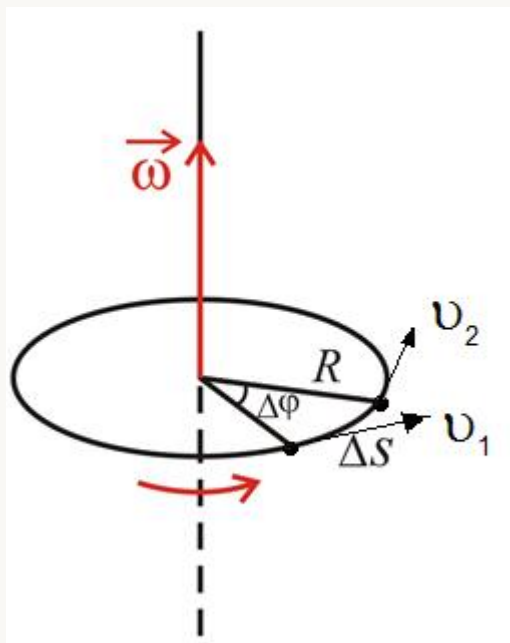
Мұндағы r - берілген нүктенің айналыс осінен қашықтығы. Нүкте айналыс осінен неғұрлым қашық болса, бұрыштық жылдамдық тұрақты болғанда, оның сызықтық жылдамдығы соғұрлым көп болады.

Айналған дененің әрбір нүктесі шеңбер бойымен қозғалады да әрқайсысының нормаль үдеуі $a_n = \frac{v^2}{r}$ немесе $a_n = \frac{\omega^2 r^2}{r} = \omega^2 r$.

Шеңбер бойымен айналмалы қозғалысының берілген уақыт мезетіндегі бұрыштық жылдамдығы (яғни лездік жылдамдығы) мына түрде жазылады:

$$\omega_{\text{лез}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[\frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \right] = \frac{d\varphi}{dt}.$$

Бұрыштық жылдамдық - бұрылу бұрышының уақытқа байланысты өзгерісі және оң бұрғы ережесімен анықталады (буравчик)



Бұрыштық жылдамдық модулі айналу бұрышының модулінен уақыт бойынша алынған туындыға тең.

$$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt} = \varphi'.$$

Бұрыштық үдеу

Бұрыштық үдеу — бұрыштық жылдамдықтың өзгеру шапшаңдығын сипаттайтын векторлық шама;

$$\varepsilon_{opt} = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}.$$

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}.$$

Айналыс бірқалыпты болмаған кезде берілген уақыт мезетіндегі бұрыштық үдеу (лездік үдеу) мынаған тең:

$$\vec{\varepsilon} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{\omega}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\omega}}{dt} = \vec{\omega}'.$$

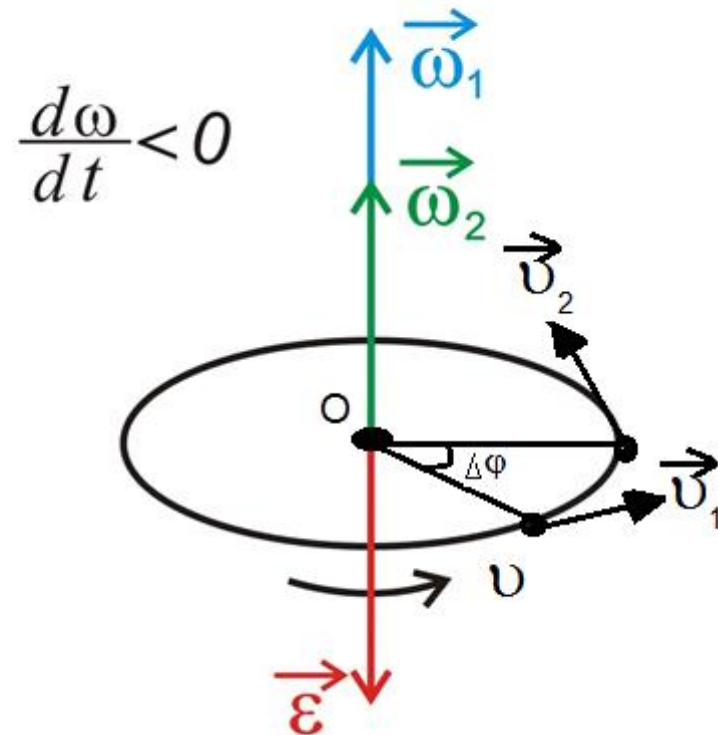
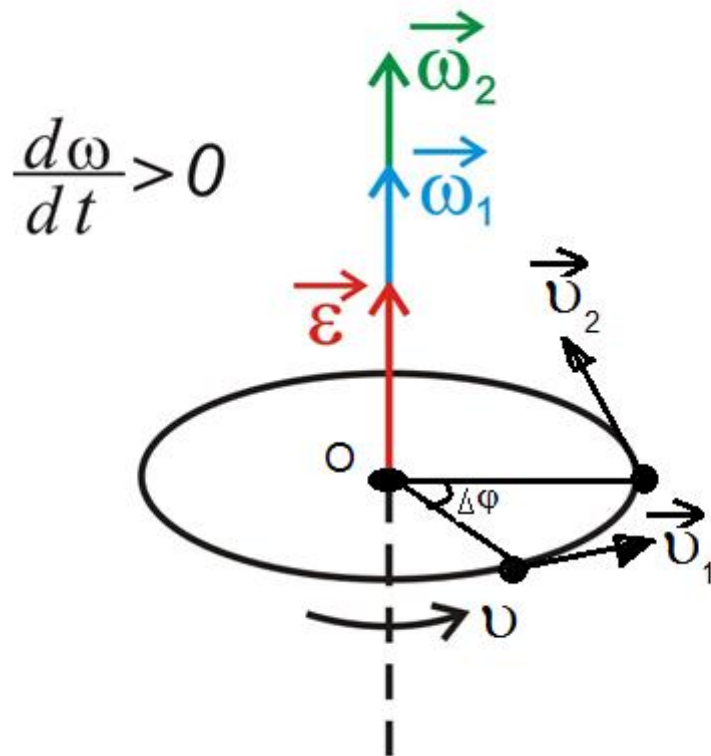
Нормаль үдеу $a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R.$

Тангенциальды үдеу $a_\tau = \frac{dv}{dt} = R \frac{d\omega}{dt} = R\varepsilon.$

Толық үдеу модулі

$$\vec{a} = \sqrt{\vec{a}_\tau^2 + \vec{a}_n^2} = R\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}$$

Үдемелі қозғалыс кезінде вектор $\vec{\varepsilon}_1$ және вектор $\vec{\varepsilon}_2$ айналу осімен бағыттас, ал кемімелі қозғалыс кезінде қарама-қарсы болады.



Дененің еркін түсуі

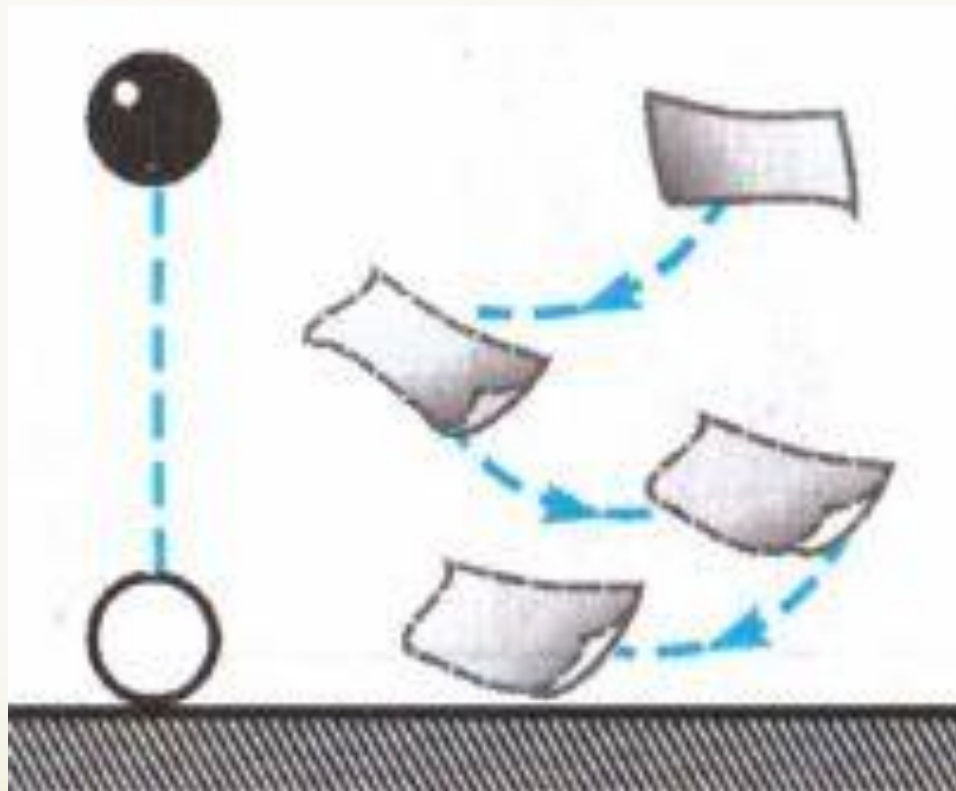
Жерге қатысты белгілі бір биіктіктен бастапқы жылдамдықсыз түсірілген дененің Жердің тартылысы әсерінен жасайтын қозғалысы.

Үйкеліс күші жоқ ортада құлайтын кез келген дененің үдеуі

$$g = 9,8 \text{ м} / \text{с}^2 \approx 10 \text{ м} / \text{с}^2.$$



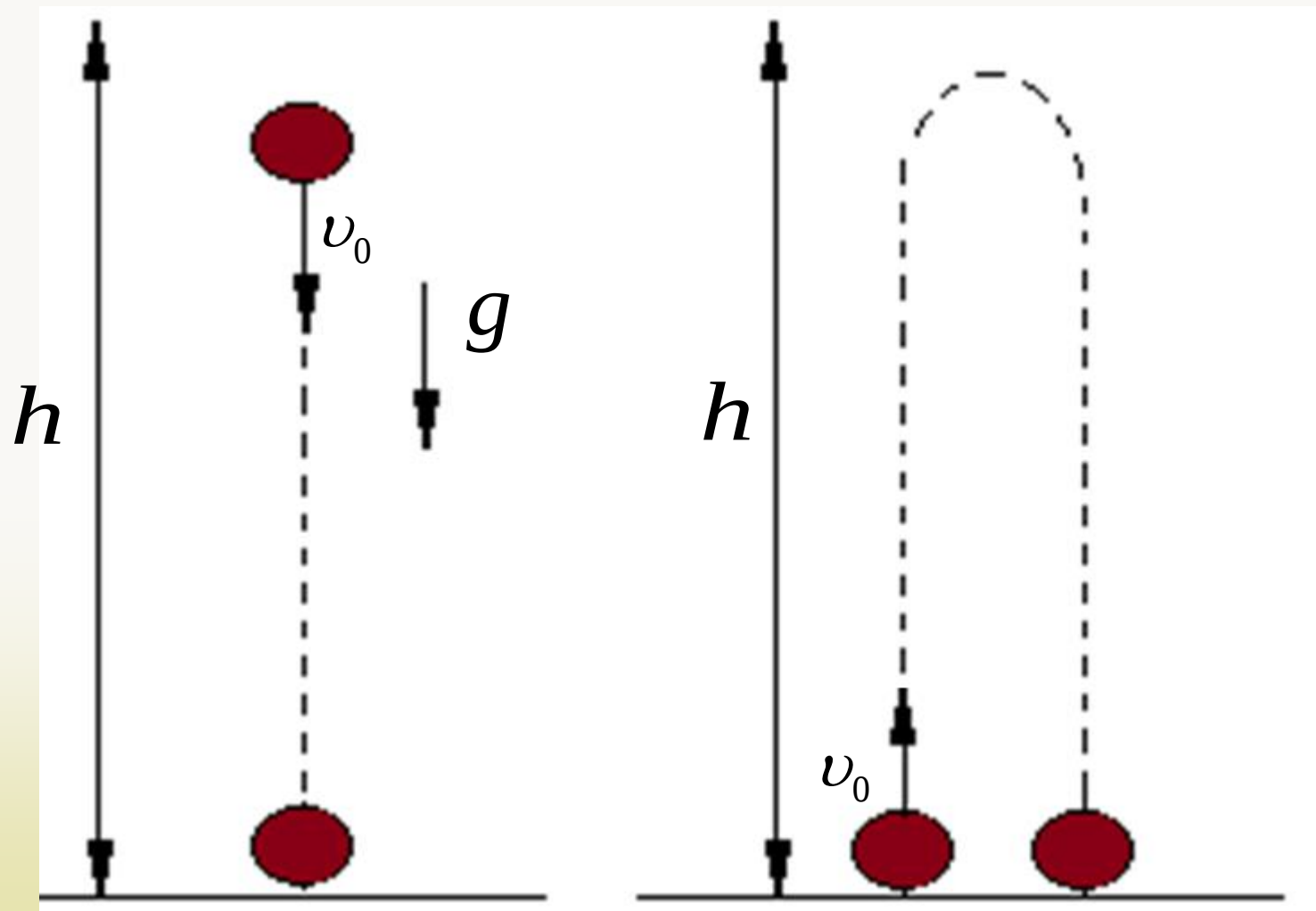
Дененің еркін түсуі



Ауыр шардың құлауы мен жұқа қағаз парағының күрделі траектория бойымен қалықтап түсуі.



Жоғарыдан төменге, төменнен жоғарыға қарай белгілі бір жылдамдықпен лақтырылған дененің қозғалысы



Еркін түсу үдеуін сипаттайтын теңдеулер

$$v = v_0 \pm gt$$

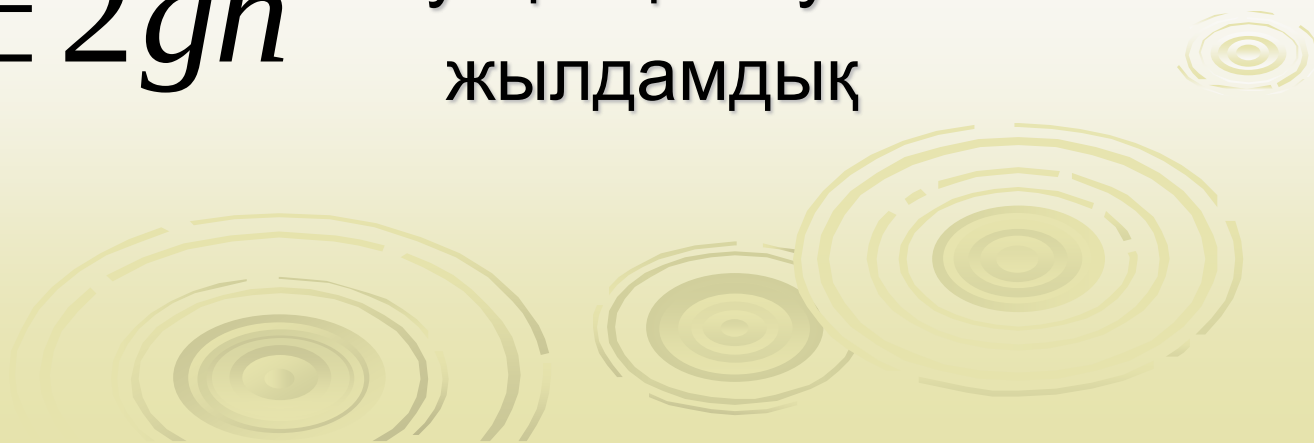
- t уақыттан кейінгі жылдамдық

$$h = v_0 t \pm \frac{1}{2} gt^2$$

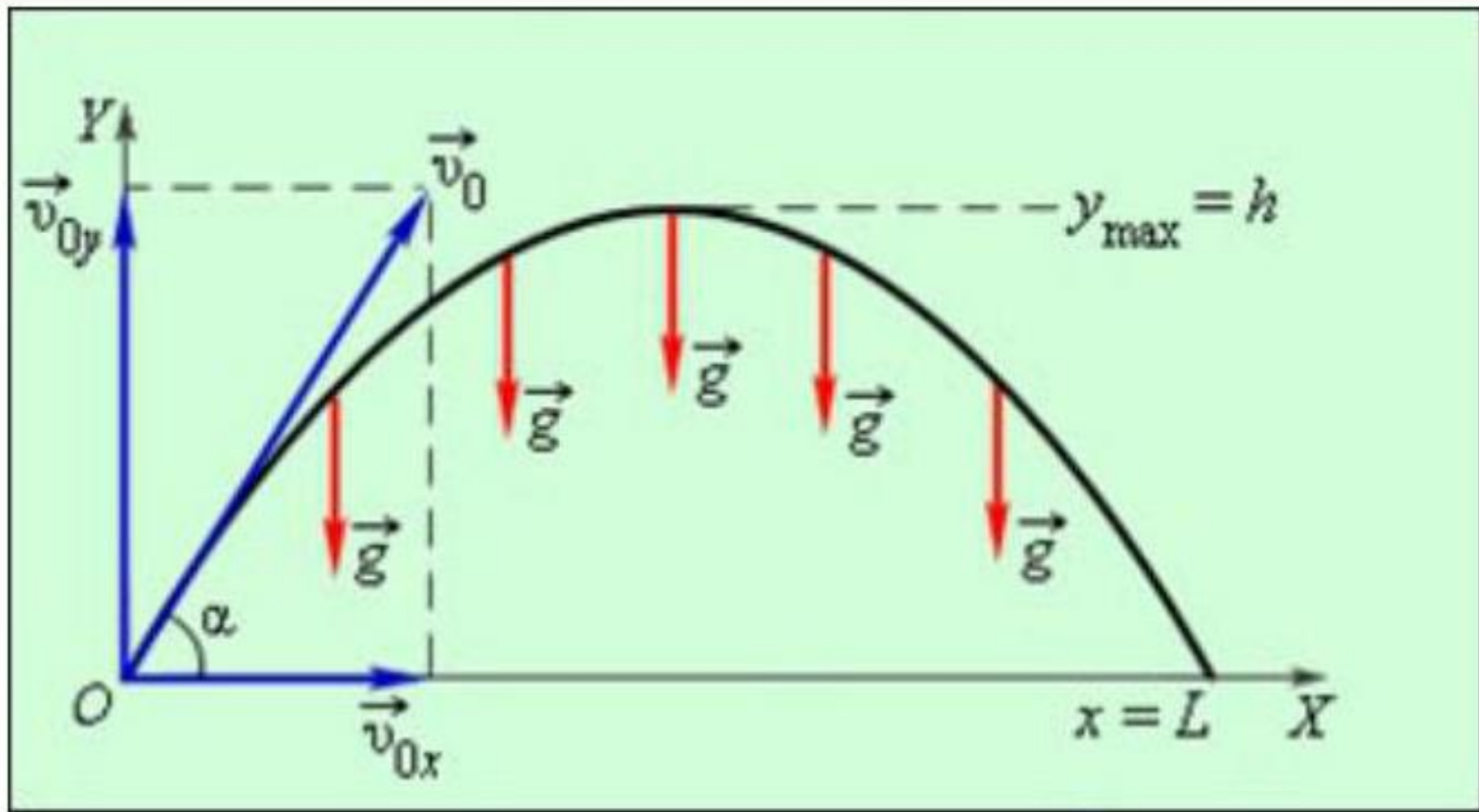
- t уақытта жүрілген жол

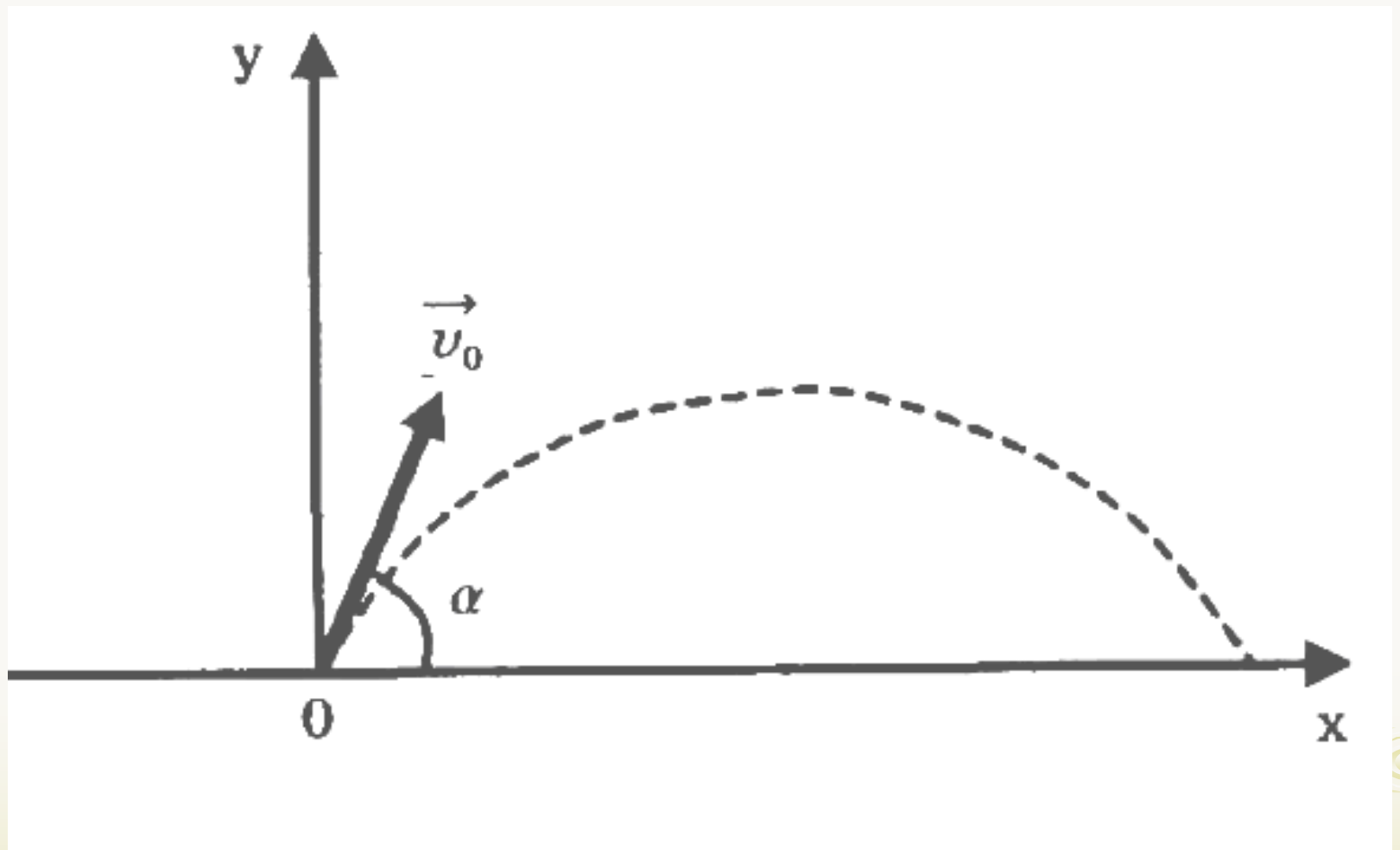
$$v^2 = v_0^2 \pm 2gh$$

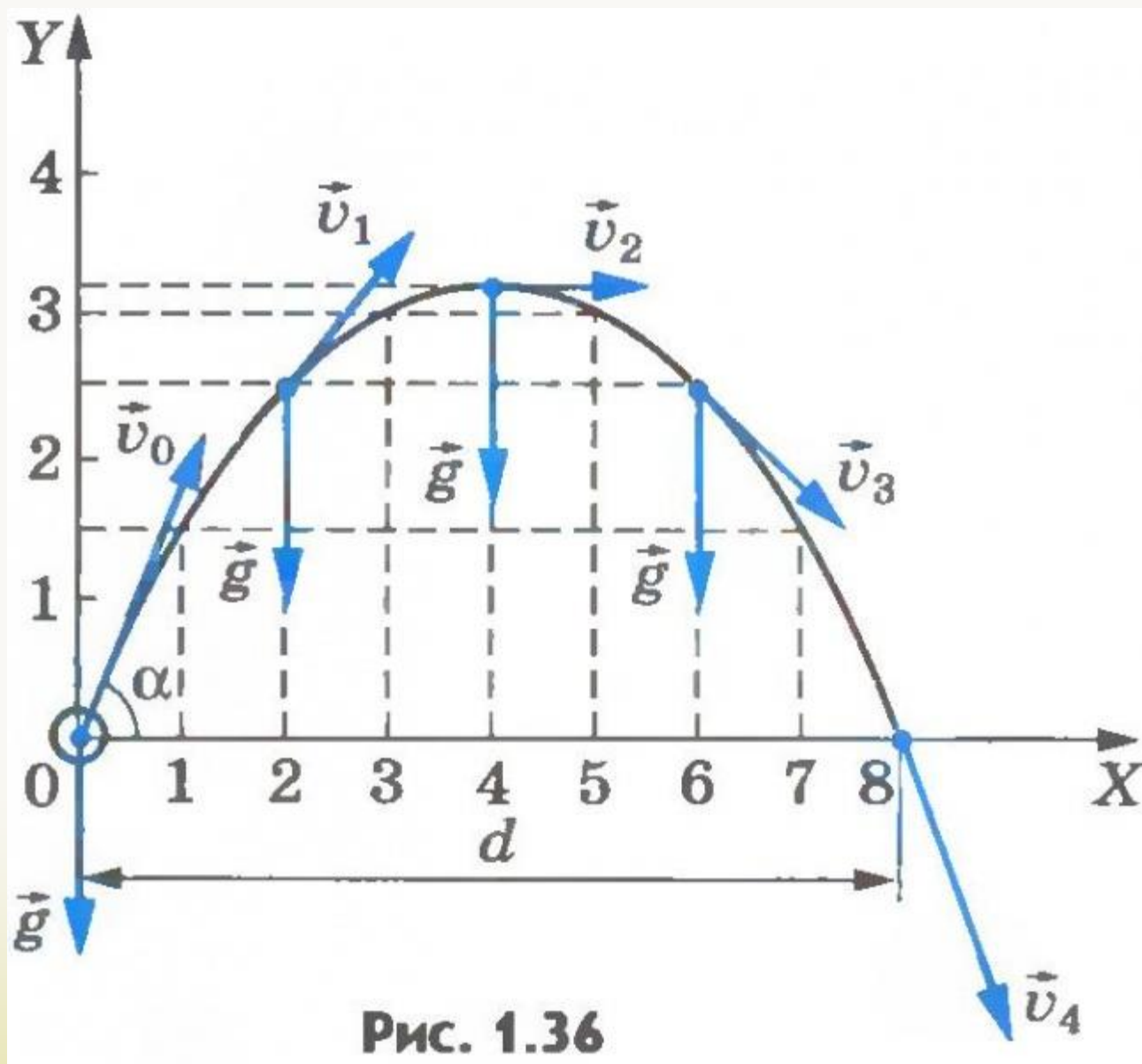
- уақытқа тәуелсіз жылдамдық

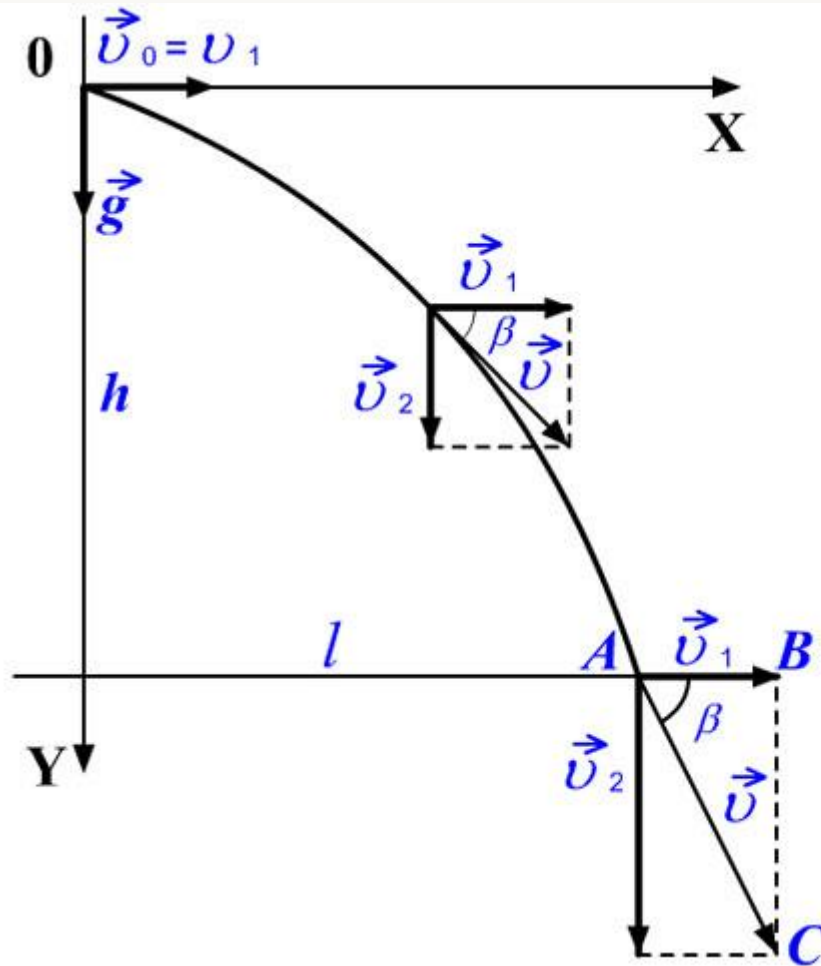


Көкжиекке бұрышпен лақтырылған дененің қозғалысы





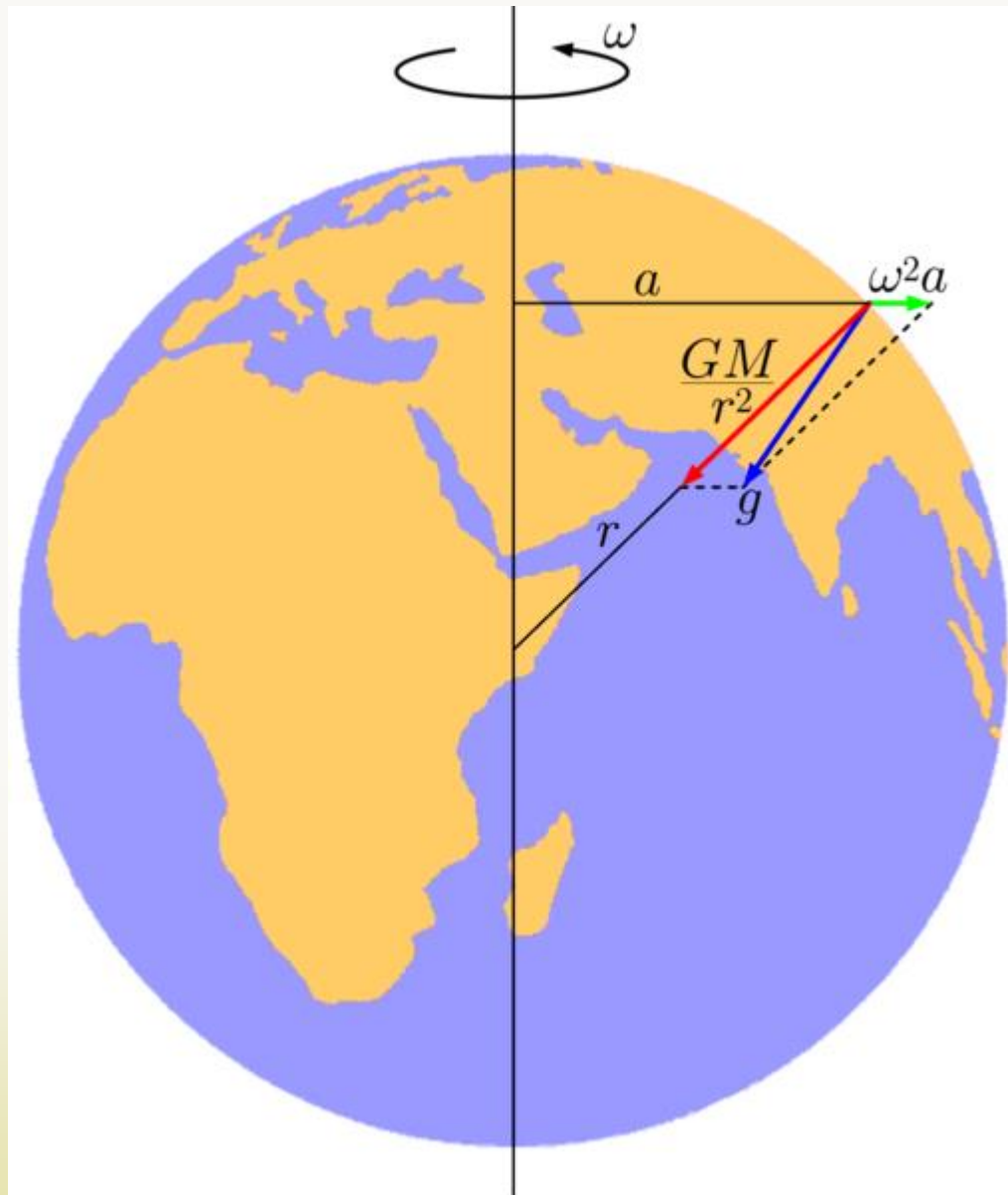




$$v_2 = -gt$$

$$l = v_1 t$$

$$y = h - \frac{1}{2}gt^2$$



Бақылау сұрақтары

- Материалық нүкте деп нені айтады?
- Санақ жүйесі деп нені айтады?
- Қозғалыстың траекториясы деп нені айтады?
- Радиус вектор деп нені айтады?
- Материалық нүкте қозғалысының жылдамдығы деп нені айтады?
- Материалық нүктенің үдеуі деп нені айтады?
- Бірқалыпты қозғалыс деп қандай қозғалысты айтады?
Бірқалыпты қозғалыстың теңдеуін келтіріңіз?
- Бірқалыпты қозғалыс деп қандай қозғалысты айтады?
Жолдың уақытқа тәуелділігі графигінен бірқалыпты қозғалыс үшін салынған қозғалыстың жылдамдығын қалай анықтайды?

- Қандай қозғалысты бірқалыпты айнымалы қозғалыс деп атайды? Бірқалыпты айнымалы қозғалыстың теңдеуің жазыңыз?
- Қандай қозғалысты бірқалыпты айнымалы қозғалыс деп атайды? Бірқалыпты айнымалы қозғалыс үшін үдеудің екі мәніне байланысты жылдамдықтың уақытқа байланысты графиктерін сызыңыз?
- Бұрыштық жылдамдық деп нені айтады? Бұрыштық жылдамдықтың векторы қалай бағытталған? Бұрыштық жылдамдық мен сызықтық жылдамдық арасында қандай байланыс бар?
- Бұрыштық үдеу деп нені айтады? Бұрыштық үдеудің векторы қалай бағытталған?
- Нормаль үдеу нені сипаттайды?
- Сызықтық және бұрыштық шамалардың арасында қандай байланыс бар?
- Шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалыс жасап келе жатқан бөлшектің тангенциаль және нормаль үдеулері неге тең?

Негізгі әдебиеттер

- 1. Савельев И.В. Жалпы физика курсы. 1 том. Алматы, 2010— 505 б.
- 2 Савельев И.В. Жалпы физика курсы. 2 том. Алматы. 2010, 429 б.
- 3. Трофимова Т.И. Физика курсы: ЖОО-лар үшін оқу құралы, 15 басылымы., М: "Академия" баспа орталығы, 2011. – 482 бет.
- 4. Волькенштейн В.С. Жалпы физика курсының есептер жинағы. М: "Мектеп" баспа орталығы. 2009 ж. 486 бет.
- 5. Савельев И.В. Курс физики в 3-х томах. – М.: Наука, 2010. – 1 т, 2 т.
- 6. Койшибаев Н. Механика, 1 том, Алматы 2005 ж, 494 бет
- 7. Бижігітов Т. Жалпы физика курсы, Алматы 2013, 889 б.
- 8. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики для вузов. – М.: Оникс 21 век, 2007 – 384 с.
- 9. Савельев И.В. Жалпы физика курсы 3 том, Карағанды -2012, 324 б
- 10. Трофимова Т.И. Курс физики. – М.: ACADEMIA, 2007. – 558 с.

Назарларыңызға рахмет!

